

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

HOPFGARTEN, Nils  
L.A. Groth & Co. KB  
P.O. Box 6107  
S-102 32 Stockholm  
SUÈDEDate of mailing (day/month/year)  
21 September 1999 (21.09.99)Applicant's or agent's file reference  
P 98-297/NHInternational application No.  
PCT/SE98/01740

## IMPORTANT NOTIFICATION

International filing date (day/month/year)  
29 September 1998 (29.09.98)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant ☐ the inventor ☐ the agent ☐ the common representative

Name and Address

ASEA BROWN BOVERI AB  
S-721 83 Västerås  
Sweden

State of Nationality

SE

State of Residence

SE

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person ☒ the name ☐ the address ☐ the nationality ☐ the residence

Name and Address

ABB AB  
S-721 83 Västerås  
Sweden

State of Nationality

SE

State of Residence

SE

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

## 3. Further observations, if necessary:

## 4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office ☐ the designated Offices concerned  
☐ the International Searching Authority ☒ the elected Offices concerned  
☒ the International Preliminary Examining Authority ☐ other:The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Catherine Massetti

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

## PCT

### NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

United States Patent and Trademark  
Office  
(Box PCT)  
Crystal Plaza 2  
Washington, DC 20231  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

in its capacity as elected Office

<b>Date of mailing</b> (day/month/year) 09 June 1999 (09.06.99)	
<b>International application No.</b> PCT/SE98/01740	<b>Applicant's or agent's file reference</b> P 98-297/NH
<b>International filing date</b> (day/month/year) 29 September 1998 (29.09.98)	<b>Priority date</b> (day/month/year) 30 September 1997 (30.09.97)
<b>Applicant</b> SÖRENSEN, Erland et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:  
26 April 1999 (26.04.99)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was  
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

<b>The International Bureau of WIPO</b> 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	<b>Authorized officer</b>  <p style="text-align: center;">Nicola Wolff</p> Telephone No.: (41-22) 338.83.38
--	---

## PCT

REC'D 23 DEC 1999

WIPO

PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference P 98-297 NH/uh	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/SE98/01740	International filing date (day/month/year) 29.09.1998	Priority date (day/month/year) 30.09.1997
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC7 H 02 K 3/40, G 01 R 31/06		
Applicant <b>ABB AB et al</b> Asea Brown Boveri AB et al		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 4 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 4 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand  26.04.1999	Date of completion of this report  15.11.1999
Name and mailing address of the IPEA/SE Patent- och registreringsverket Box 5055 S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. 08-667 72 88	Authorized officer  Håkan Sandh/AE Telephone No. 08-782 25 00

**I. Basis of the report**

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-7, 11, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages 8-10, filed with the letter of 01-02-1999,  
~~pages~~ \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. 1-27, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1, 3-7, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand  
sheets/fig 2, filed with the letter of 01-02-1999,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

**V. Resoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims	<u>1-27</u>	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	<u>1-27</u>	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	<u>1-27</u>	YES
	Claims		NO

**2. Citations and explanations**

The invention relates to a rotating electric machine having a rotating field circuit and intended for direct connection to a distribution or transmission network. According to the invention, at least one winding of the machine comprises an electric conductor, a first layer with semiconducting properties surrounding the conductor, a solid insulating layer surrounding the first layer and a second layer with semiconducting properties surrounding the insulation. The machine is also provided with a detecting circuit for detecting earth faults in the rotating field circuit.

Documents of particular relevance cited in the International Search Report:

D1= US 4785138  
D2= US 3684821  
D3= EP 0642027  
D4= EP 0274691  
D5= EP 0671632  
D6= US 4914386  
D7= US 3593123

Document D1 discloses an electric cable for use as a phase winding for a linear motor. The cable is flexible and includes a conductive core surrounded by two conducting layers and an intermediate insulating layer. Additionally, the outer conductive layer is provided with a conductive sheathing.

Document D2 discloses a high voltage insulated electric cable having an inner and outer semiconductive layer with an intermediate insulating layer.

.../...

**Supplemental Box**

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: Box V.

Documents D3, D4 and D5 all disclose arrangements for detecting earth faults in the field circuit of an electric machine using an injection and measuring circuit.

Document D6 discloses a method for calculating the rotor temperature from the values of the current and voltage.

Document D7 discloses an electric machine having a rotor winding earth fault detector including a rotating part and a stationary part for wireless communication.

The claimed invention differs from the prior art in that a rotating electric machine is provided with a cable winding as specified and combined with an earth fault detector for the rotating field circuit. The prior art's use of a cable as a phase winding for linear motors would not lead a skilled person to the invention since the conditions in rotating machines and linear machines present different type of problems. Furthermore, there is no teaching in the prior art indicating a possible use in rotating machines.

Consequently, the claimed invention is novel and is considered to involve an inventive step. The invention is industrially applicable.

The voltage signals  $U_U$ ,  $U_I$  are transmitted by the communication units 3, 4 to the stationary part 20 for calculation of the resistance of the field winding 14 to earth from these signals in the calculating unit 17.

The calculating unit 17 thus enables earth faults in the field winding 14 to be monitored, and an alarm is tripped when the resistance of the field winding 14 to earth falls below a predetermined level.

$R_j$  denotes the resistance of the field winding 14 to earth, i.e. in practice the resistance to the iron mass of the rotating part, and  $C_j$  denotes the capacitance of the winding 14 to earth. The resistance  $R_j$  may in principle vary from infinitely large to zero.

Figure 3 illustrates an equivalent circuit for the measuring circuit if  $R_j = 0$ , i.e. the "worst" case with the field winding 14 short-circuited to earth. The resultant current  $I_1$  in the circuit can be calculated using known values for the resistance  $R$ , capacitance  $C$  and injection voltage  $U$ , and suitable normalising constants can be determined in accordance with principles described in conjunction with Figure 7 below. The absolute value of the current  $I_1$  corresponds to the value of the measured signal  $U_1$  that is transmitted to the calculating unit 17, as described above in conjunction with Figure 2.

The diagram to the right of the equivalent circuit in Figure 3 illustrates magnitudes and phase positions of the injection voltage  $U$ , composed of a resistive component  $U_r$  and a capacitive component  $U_c$ , and the current  $I_1$ .

Figure 4 shows a corresponding equivalent circuit in fault-free state, i.e. the contact resistance to earth is  $R_j = \infty$ . The capacitance  $C_j$  of the winding 14 to earth can be determined using known values for the injection voltage  $U$ , resistance  $R$  and capacitance  $C$  and measuring the current  $I_2$ .

As in Figure 3, the diagram to the right of the circuit shows magnitudes and phase positions of the injection voltage  $U$ , composed of a resistive component  $U_r$  in phase with the current  $I_2$ , and a capacitive component consisting of the voltage drop  $U_c$  over the capacitors  $C$  and the voltage drop  $U_j$  over the capacitance  $C_j$ , and the current  $I_2$ .

Figure 5 shows a corresponding equivalent circuit in the event of a contact resistance between winding 14 and earth  $R_j$ , where  $0 < R_j < \infty$ , i.e. a state between the states illustrated in Figures 3 and 4. Different limit values for the current  $I_3$  for alarm and tripping can, as mentioned in conjunction with Figure 2, be calculated using known values for the resistances  $R$ , capacitances  $C$ , earthing capacitance  $C_j$ , injection voltage  $U$ , and the currents  $I_1$  and  $I_2$  from the cases shown in Figures 3 and 4, as well as predetermined limit values for the contact resistance to earth  $R_j$ .

The impedance  $Z_1$  across the two parallel branches, each containing  $2R$  in series with  $2C$ , is thus

$$Z_1 = R - j \frac{1}{\omega C}$$

and the transition impedance between the winding 14 and earth  $Z_2$

$$Z_2 = \frac{R_j}{1 + j\omega R_j C_j}$$

the current  $I_3$  being obtained from

$$I_3 = U / (Z_1 + Z_2)$$

The diagram to the right of the circuit in Figure 5 illustrates magnitudes and phase positions of voltages and currents in a corresponding manner as in Figures 3 and 4. From this diagram, it is clear that the current  $I_3$  is in phase with the current  $I_2$  in Figure 4 and includes a current component  $I_{Cj}$  through the transition capacitance  $C_j$  and a current component  $I_{Rj}$  through the contact resistance  $R_j$ , the latter two current components being at right angles to each other in the diagram, i.e. phase-shifted  $90^\circ$ .

Figures 3 and 5 shows cases with errors on the DC side of the supply to the field winding from the exciter G3, see Figure 2. Figure 6 illustrates a situation with faults on the AC side of the rectifier bridge 12. A fault on the AC side is characterized by the addition of an extra supply source  $U_{ac}$ , and by the absolute



value of the current being composed of two components - one driven by the ordinary injection voltage  $U$  and one driven by the potential level of the fault point to earth, represented by the voltage  $U_{ac}$ . In the event of faults on the AC side, therefore, the total absolute value of the error current will exceed the limit values  
5 calculated in the case illustrated in Figure 5 - often by a good margin - resulting in the alarm being tripped.

The corresponding phase diagram to the right in Figure 6 corresponds to that in Figure 5.

In the event of variations in the injection voltage  $U$  the measured signals  
10 must be compensated by scaling. Alternatively, the predetermined limit values for alarm tripping or releasing, etc. in a comparator must be changed, which is considerably more complicated.

Figure 7 shows a scaling unit 32, 34 included in the calculating unit 17 in Figure 2. In this scaling unit 32, 34 the measured value  $U_I$ , representing the  
15 absolute value of the current  $I$ , is normalised by multiplying it by a normalising constant  $K1$ . A suitable magnitude for the normalising constant  $K1$  can be determined by means of a measuring procedure in accordance with Figure 3. Similarly, the measured signal  $U_U$  for variations in the injection voltage  $U$  is compensated by scaling with a compensation constant  $K2$ , wherein  $K2=U_U$  at the  
20 time of normalising the measured signal  $U_I$ . The current  $I_n$ , normalised and compensated with regard to variations in the injection voltage  $U$ , is supplied to a comparator 38 in which this current  $I_n$  is compared with various predetermined limit values  $Lim\ 1$ ,  $Lim\ 2$ ,  $Lim\ 3$  for tripping the alarm, emitting a tripping signal, etc.

25 The measuring means 18 measure the field voltage and the measuring means 25 measures the field current, and corresponding measured signals  $U_F$  and  $I_F$  are transmitted via the wireless communication units 3, 4 to a unit 40 in the stationary equipment 20 for calculating the rotor temperature from these measured signals, see Figure 2. In the filter 42 in the measuring means 18 the  
30 field voltage signal is filtered with a time constant  $T1$  which shall correspond to 0.3 times the no-load time constant of the field winding 14. When the electric machine

Fig. 1

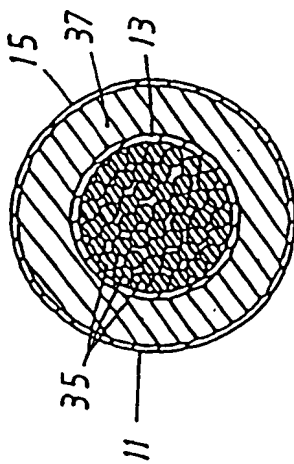
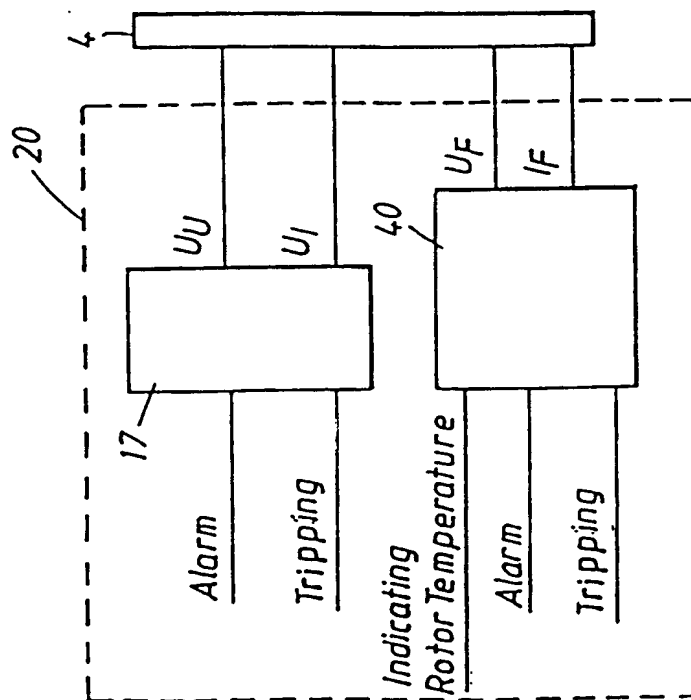
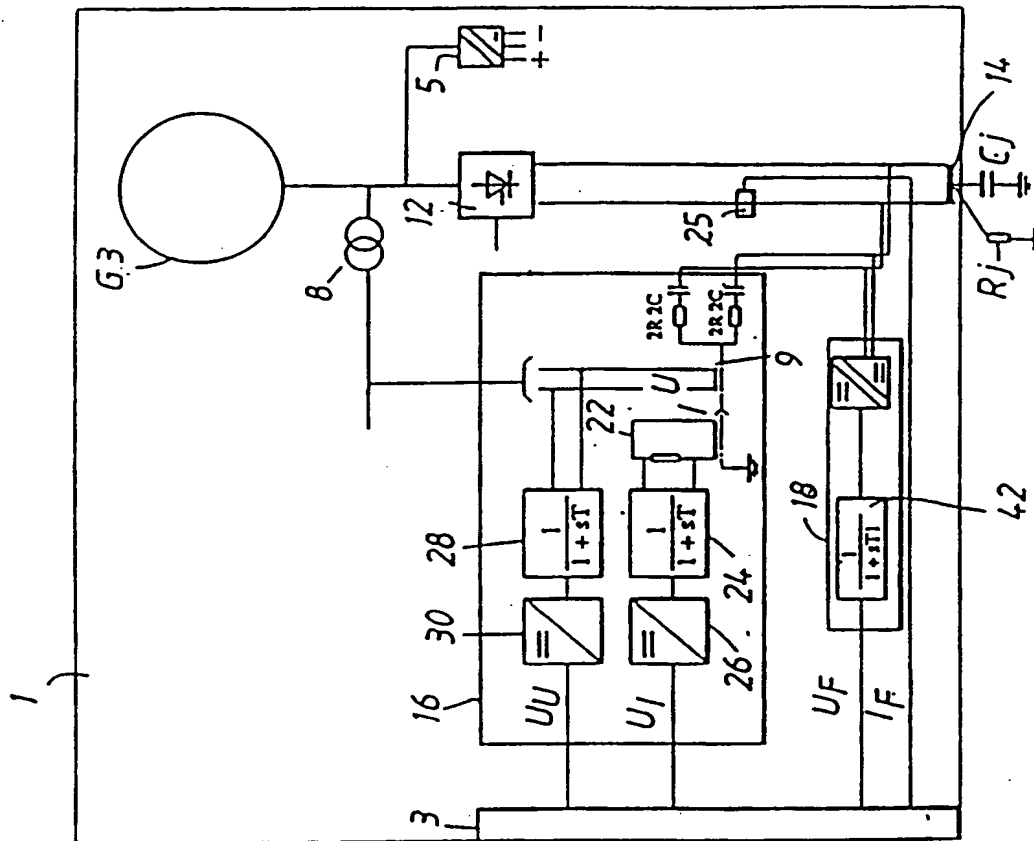


Fig. 2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 98/01740

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0671632 A2 (TANAKA, TOSHIO, C/O TOSHIBA ET AL.), 13 Sept 1995 (13.09.95), column 1, line 1 - column 5, line 34 --	1-26
Y	US 4914386 A1 (S.E. ZOCHOLL), 3 April 1990 (03.04.90), abstract --	18-20,27
Y	US 3593123 A1 (A.C. WILLIAMSON ET AL.), 13 July 1971 (13.07.71), see the whole document --	12,13
A	US 5036165 A1 (R.K. ELTON ET AL.), 30 July 1991 (30.07.91), see the whole document --	1-27
A	US 4510077 A (R.K. ELTON), 9 April 1985 (09.04.85), column 1, line 9 - column 2, line 45 -- -----	1-27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/SE 98/01740

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4785138 A1	15/11/88	DE 3543106 A,C	11/06/87
US 3684821 A1	15/08/72	NONE	
EP 0642027 A1	08/03/95	DE 4329382 A	02/03/95
		JP 7083987 A	31/03/95
		US 5508620 A	16/04/96
EP 0274691 A1	20/07/88	CA 1269704 A	29/05/90
		DE 3779286 A	25/06/92
		JP 1954531 C	28/07/95
		JP 6087642 B	02/11/94
		JP 63154040 A	27/06/88
		US 4851766 A	25/07/89
EP 0671632 A2	13/09/95	CA 2143364 A	26/08/95
		CN 1112682 A	29/11/95
		JP 7241027 A	12/09/95
		US 5675465 A	07/10/97
		US 5764462 A	09/06/98
US 4914386 A1	03/04/90	CA 1323398 A	19/10/93
US 3593123 A1	13/07/71	GB 1226451 A	31/03/71
US 5036165 A1	30/07/91	US 5066881 A	19/11/91
		US 5067046 A	19/11/91
		CA 1245270 A	22/11/88
		US 4853565 A	01/08/89
US 4510077 A	09/04/85	CH 664646 A,B	15/03/88
		DE 3439093 A,C	15/05/85
		FR 2554456 A,B	10/05/85
		GB 2148880 A,B	05/06/85
		JP 1789646 C	29/09/93
		JP 4078576 B	11/12/92
		JP 60131853 A	13/07/85

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 98/01740

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6: H02K 3/40, G01R 31/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6: H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4785138 A1 (O. BREITENBACK ET AL.), 15 November 1988 (15.11.88), see the whole document --	1-27
Y	US 3684821 A1 (H. MIYAUCHI ET AL.), 15 August 1972 (15.08.72), column 2, line 44 - line 64 --	1-27
Y	EP 0642027 A1 (ABB MANAGEMENT AG), 8 March 1995 (08.03.95), page 1, line 40 - page 2, line 11 --	1-26
Y	EP 0274691 A1 (HITACHI, LTD.), 20 July 1988 (20.07.88), column 2, line 50 - column 3, line 41 --	1-27

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 December 1998

Date of mailing of the international search report

11-12-1998

Name and mailing address of the ISA/  
Swedish Patent Office  
Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM  
Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer

Håkan Sandh  
Telephone No. +46 8 782 25 00

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 99/00943

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC7: H02J 3/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC7: H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
D,A	WO 9745908 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT), 4 December 1997 (04.12.97), figure 3, abstract	1-27
A	WO 9843336 A2 (ASEA BROWN BOVERI AB), 1 October 1998 (01.10.98), page 7, line 1 - line 10, figure 1	1-27
A	US 5499178 A (NED MOHAN), 12 March 1996 (12.03.96), column 13, line 5 - line 31, figure 8	1-27

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"B" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
16 February 2000

Date of mailing of the international search report  
22-02-2000

Name and mailing address of the ISA/  
Swedish Patent Office  
Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM  
Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer  
Tomas Erlandsson/mj  
Telephone No. +46 8 782 25 00

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/SE 99/00943

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9745908 A1	04/12/97	DE 19620906 A EP 0939995 A	08/01/98 08/09/99
WO 9843336 A2	01/10/98	AU 3468797 A CA 2218942 A EP 0909354 A SE 9701060 A SE 9703329 A US 5980095 A	21/01/98 24/09/98 21/04/99 04/03/98 25/09/98 09/11/99
US 5499178 A	12/03/96	WO 9418683 A EP 0617858 A JP 7502160 T US 5345375 A WO 9312576 A	18/08/94 05/10/94 02/03/95 06/09/94 24/06/93

## PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference P 98-297 NH/uh	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/SE98/01740	International filing date (day/month/year) 29.09.1998	Priority date (day/month/year) 30.09.1997
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H 02 K 3/40, G 01 R 31/06		
Applicant Asea Brown Boveri AB et al.		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 4 sheets, including this cover sheet.
- ☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 4 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability, citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand  26.04.1999	Date of completion of this report  15.11.1999
Name and mailing address of the IPEA/SE Patent- och registreringsverket Box 5055 S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. 08-667 72 88	Authorized officer  Håkan Sandh/AE Telephone No. 08-782 25 00



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/SE98/01740

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-7, 11, as originally filed,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 pages 8-10, filed with the letter of 01-02-1999,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. 1-27, as originally filed,  
 Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1, 3-7, as originally filed,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 sheets/fig 2, filed with the letter of 01-02-1999,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/SE98/01740

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims	<u>1-27</u>	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	<u>1-27</u>	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	<u>1-27</u>	YES
	Claims		NO

**2. Citations and explanations**

The invention relates to a rotating electric machine having a rotating field circuit and intended for direct connection to a distribution or transmission network. According to the invention, at least one winding of the machine comprises an electric conductor, a first layer with semiconducting properties surrounding the conductor, a solid insulating layer surrounding the first layer and a second layer with semiconducting properties surrounding the insulation. The machine is also provided with a detecting circuit for detecting earth faults in the rotating field circuit.

Documents of particular relevance cited in the International Search Report:

D1= US 4785138  
D2= US 3684821  
D3= EP 0642027  
D4= EP 0274691  
D5= EP 0671632  
D6= US 4914386  
D7= US 3593123

Document D1 discloses an electric cable for use as a phase winding for a linear motor. The cable is flexible and includes a conductive core surrounded by two conducting layers and an intermediate insulating layer. Additionally, the outer conductive layer is provided with a conductive sheathing.

Document D2 discloses a high voltage insulated electric cable having an inner and outer semiconductive layer with an intermediate insulating layer.

.../...

**Supplemental Box**

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: Box V.

Documents D3, D4 and D5 all disclose arrangements for detecting earth faults in the field circuit of an electric machine using an injection and measuring circuit.

Document D6 discloses a method for calculating the rotor temperature from the values of the current and voltage.

Document D7 discloses an electric machine having a rotor winding earth fault detector including a rotating part and a stationary part for wireless communication.

The claimed invention differs from the prior art in that a rotating electric machine is provided with a cable winding as specified and combined with an earth fault detector for the rotating field circuit. The prior art's use of a cable as a phase winding for linear motors would not lead a skilled person to the invention since the conditions in rotating machines and linear machines present different type of problems. Furthermore, there is no teaching in the prior art indicating a possible use in rotating machines.

Consequently, the claimed invention is novel and is considered to involve an inventive step. The invention is industrially applicable.

Figure 5 shows a corresponding equivalent circuit in the event of a contact resistance between winding 14 and earth  $R_j$ , where  $0 < R_j < \infty$ , i.e. a state between the states illustrated in Figures 3 and 4. Different limit values for the current  $I_3$  for alarm and tripping can, as mentioned in conjunction with Figure 2, be calculated using known values for the resistances  $R$ , capacitances  $C$ , earthing capacitance  $C_j$ , injection voltage  $U$ , and the currents  $I_1$  and  $I_2$  from the cases shown in Figures 3 and 4, as well as predetermined limit values for the contact resistance to earth  $R_j$ .

The impedance  $Z_1$  across the two parallel branches, each containing  $2R$  in series with  $2C$ , is thus

$$Z_1 = R - j \frac{1}{\omega C}$$

and the transition impedance between the winding 14 and earth  $Z_2$

$$Z_2 = \frac{R_j}{1 + j\omega R_j C_j}$$

the current  $I_3$  being obtained from

$$I_3 = U / (Z_1 + Z_2)$$

The diagram to the right of the circuit in Figure 5 illustrates magnitudes and phase positions of voltages and currents in a corresponding manner as in Figures 3 and 4. From this diagram, it is clear that the current  $I_3$  is in phase with the current  $I_2$  in Figure 4 and includes a current component  $I_{Cj}$  through the transition capacitance  $C_j$  and a current component  $I_{Rj}$  through the contact resistance  $R_j$ , the latter two current components being at right angles to each other in the diagram, i.e. phase-shifted  $90^\circ$ .

Figures 3 and 5 shows cases with errors on the DC side of the supply to the field winding from the exciter G3, see Figure 2. Figure 6 illustrates a situation with faults on the AC side of the rectifier bridge 12. A fault on the AC side is characterized by the addition of an extra supply source  $U_{ac}$ , and by the absolute

01-02-1999

10

value of the current being composed of two components - one driven by the ordinary injection voltage  $U$  and one driven by the potential level of the fault point to earth, represented by the voltage  $U_{ac}$ . In the event of faults on the AC side, therefore, the total absolute value of the error current will exceed the limit values  
5 calculated in the case illustrated in Figure 5 - often by a good margin - resulting in the alarm being tripped.

The corresponding phase diagram to the right in Figure 6 corresponds to that in Figure 5.

In the event of variations in the injection voltage  $U$  the measured signals  
10 must be compensated by scaling. Alternatively, the predetermined limit values for alarm tripping or releasing, etc. in a comparator must be changed, which is considerably more complicated.

Figure 7 shows a scaling unit 32, 34 included in the calculating unit 17 in Figure 2. In this scaling unit 32, 34 the measured value  $U_I$ , representing the  
15 absolute value of the current  $I$ , is normalised by multiplying it by a normalising constant  $K1$ . A suitable magnitude for the normalising constant  $K1$  can be determined by means of a measuring procedure in accordance with Figure 3. Similarly, the measured signal  $U_U$  for variations in the injection voltage  $U$  is compensated by scaling with a compensation constant  $K2$ , wherein  $K2=U_U$  at the  
20 time of normalising the measured signal  $U_I$ . The current  $I_n$ , normalised and compensated with regard to variations in the injection voltage  $U$ , is supplied to a comparator 38 in which this current  $I_n$  is compared with various predetermined limit values  $Lim\ 1$ ,  $Lim\ 2$ ,  $Lim\ 3$  for tripping the alarm, emitting a tripping signal.  
etc.

25 The measuring means 18 measure the field voltage and the measuring means 25 measures the field current, and corresponding measured signals  $U_F$  and  $I_F$  are transmitted via the wireless communication units 3, 4 to a unit 40 in the stationary equipment 20 for calculating the rotor temperature from these measured signals, see Figure 2. In the filter 42 in the measuring means 18 the  
30 field voltage signal is filtered with a time constant  $T1$  which shall correspond to 0.3 times the no-load time constant of the field winding 14. When the electric machine

01-02-1999

value of the current being composed of two components - one driven by the ordinary injection voltage  $U$  and one driven by the potential level of the fault point to earth, represented by the voltage  $U_{ac}$ . In the event of faults on the AC side, therefore, the total absolute value of the error current will exceed the limit values  
5 calculated in the case illustrated in Figure 5 - often by a good margin - resulting in the alarm being tripped.

The corresponding phase diagram to the right in Figure 6 corresponds to that in Figure 5.

In the event of variations in the injection voltage  $U$  the measured signals  
10 must be compensated by scaling. Alternatively, the predetermined limit values for alarm tripping or releasing, etc. in a comparator must be changed, which is considerably more complicated.

Figure 7 shows a scaling unit 32, 34 included in the calculating unit 17 in Figure 2. In this scaling unit 32, 34 the measured value  $U_I$ , representing the  
15 absolute value of the current  $I$ , is normalised by multiplying it by a normalising constant  $K1$ . A suitable magnitude for the normalising constant  $K1$  can be determined by means of a measuring procedure in accordance with Figure 3. Similarly, the measured signal  $U_U$  for variations in the injection voltage  $U$  is compensated by scaling with a compensation constant  $K2$ , wherein  $K2=U_U$  at the  
20 time of normalising the measured signal  $U_I$ . The current  $I_n$ , normalised and compensated with regard to variations in the injection voltage  $U$ , is supplied to a comparator 38 in which this current  $I_n$  is compared with various predetermined limit values  $Lim\ 1$ ,  $Lim\ 2$ ,  $Lim\ 3$  for tripping the alarm, emitting a tripping signal etc.

25 The measuring means 18 measure the field voltage and the measuring means 25 measures the field current, and corresponding measured signals  $U_F$  and  $I_F$  are transmitted via the wireless communication units 3, 4 to a unit 40 in the stationary equipment 20 for calculating the rotor temperature from these measured signals, see Figure 2. In the filter 42 in the measuring means 18 the  
30 field voltage signal is filtered with a time constant  $T1$  which shall correspond to 0.3 times the no-load time constant of the field winding 14. When the electric machine

Fig. 1

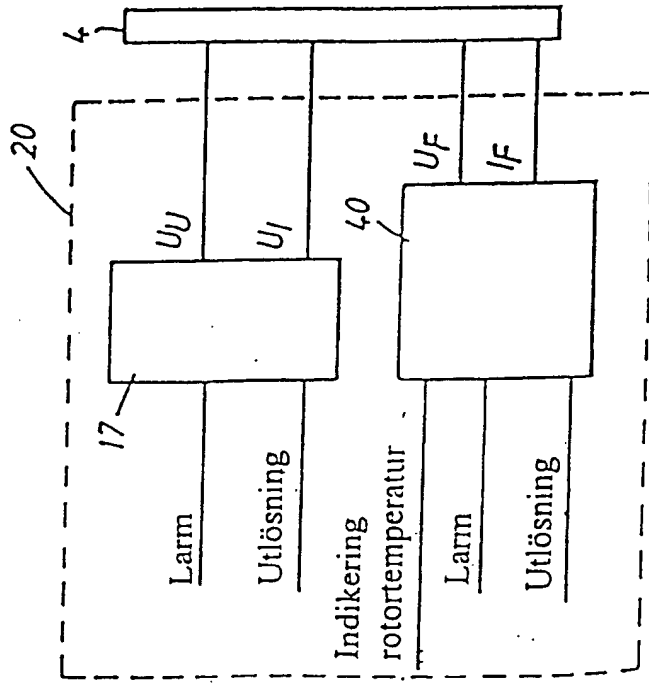
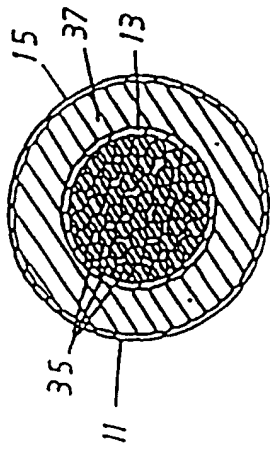
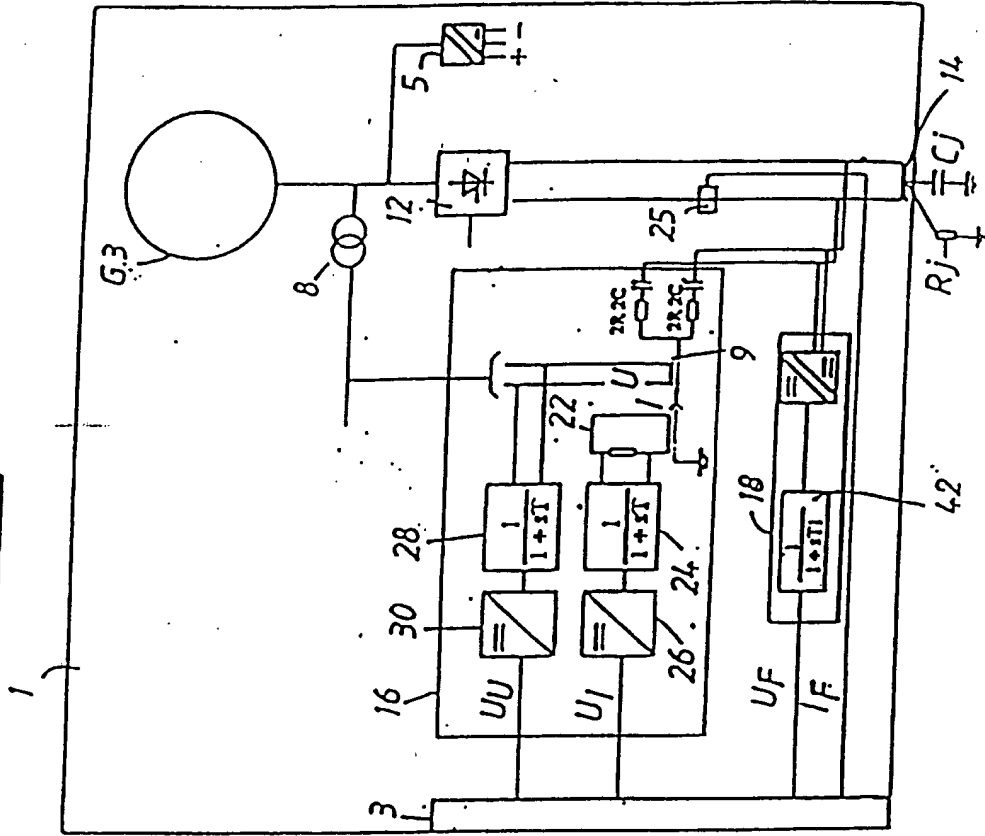


Fig. 2



PCT

## REQUEST

The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty.

For receiving Office use only

PCT/SE 98/01740

International Application No.

International Filing Date

29-09-1998

**The Swedish Patent Office  
PCT International Application**

Name of receiving Office and "PCT International Application"

Applicant's or agent's file reference  
(if desired) (12 characters maximum)

P 98-297/NH

uh

Box No. I TITLE OF INVENTION

ROTATING ELECTRIC MACHINE

Box No. II APPLICANT

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

Asea Brown Boveri AB

S-721 83 VÄSTERÅS  
Sweden☐ This person is also inventor.

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

State (that is, country) of nationality:

SE

State (that is, country) of residence:

SE

This person is applicant  
for the purposes of:☐all designated  
States☒all designated States except  
the United States of America☐the United States  
of America only☐the States indicated in  
the Supplemental Box

Box No. III FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S)

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

SÖRENSEN, Erland  
Gudruns väg 32S-723 55 VÄSTERÅS  
Sweden

This person is:

☐

applicant only

☒

applicant and inventor

☐inventor only (If this check-box  
is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

SE

State (that is, country) of residence:

SE

This person is applicant  
for the purposes of:☐all designated  
States☐all designated States except  
the United States of America☒the United States  
of America only☐the States indicated in  
the Supplemental Box☒ Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet.

Box No. IV AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE; OR ADDRESS FOR CORRESPONDENCE

The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf  
of the applicant(s) before the competent International Authorities as:

☒

agent

☐

common representative

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country.)

L.A.GROTH & Co.KB  
HOPFGARTEN, Nils, ~~et al~~  
Box 6107  
S-102 32 STOCKHOLM  
Sweden

Telephone No.

+46 - 8 - 729 91 00

Facsimile No.

+46 - 8 - 31 67 67

Teleprinter No.

☐ Address for correspondence: Mark this check-box where no agent or common representative is/has been appointed and the space above is used instead to indicate a special address to which correspondence should be sent.

deleted  
RO/SE



## Continuation of Box No. III FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S)

If none of the following sub-boxes is used, this sheet should not be included in the request.

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

LEIJON, Mats  
Hyvlargatan 5

S-723 35 VÄSTERÅS  
Sweden

This person is:

☐ applicant only

☒ applicant and inventor

☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

SE

State (that is, country) of residence:

SE

This person is applicant for the purposes of:

☐

all designated States

☐

all designated States except the United States of America

☒

the United States of America only

☐

the States indicated in the Supplemental Box

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

BERGGREN, Bertil  
Rönnergagatan 2 B

S-723 46 VÄSTERÅS  
Sweden

This person is:

☐ applicant only

☒ applicant and inventor

☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

SE

State (that is, country) of residence:

SE

This person is applicant for the purposes of:

☐

all designated States

☐

all designated States except the United States of America

☒

the United States of America only

☐

the States indicated in the Supplemental Box

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

NYGREN, Jan-Anders  
Karlifeldtsgatan 27 B

S-722 22 VÄSTERÅS  
Sweden

This person is:

☐ applicant only

☒ applicant and inventor

☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

SE

State (that is, country) of residence:

SE

This person is applicant for the purposes of:

☐

all designated States

☐

all designated States except the United States of America

☒

the United States of America only

☐

the States indicated in the Supplemental Box

Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)

This person is:

☐ applicant only

☐ applicant and inventor

☐ inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.)

State (that is, country) of nationality:

State (that is, country) of residence:

This person is applicant for the purposes of:

☐

all designated States

☐

all designated States except the United States of America

☐

the United States of America only

☐

the States indicated in the Supplemental Box

☐ Further applicants and/or (further) inventors are indicated on another continuation sheet.

## Box No.V DESIGNATION OF STATES

The following designations are hereby made under Rule 4.9(a) (mark the applicable check-boxes; at least one must be marked):

## Region: I Patent

- ☒ AP ARIPO Patent: GH Ghana, GM Gambia, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, SD Sudan, SZ Swaziland, UG Uganda, ZW Zimbabwe, and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT
- ☒ EA Eurasian Patent: AM Armenia, AZ Azerbaijan, BY Belarus, KG Kyrgyzstan, KZ Kazakhstan, MD Republic of Moldova, RU Russian Federation, TJ Tajikistan, TM Turkmenistan, and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT
- ☒ EP European Patent: AT Austria, BE Belgium, CH and LI Switzerland and Liechtenstein, CY Cyprus, DE Germany, DK Denmark, ES Spain, FI Finland, FR France, GB United Kingdom, GR Greece, IE Ireland, IT Italy, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Netherlands, PT Portugal, SE Sweden, and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT
- ☒ OA OAPI Patent: BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Central African Republic, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroon, GA Gabon, GN Guinea, ML Mali, MR Mauritania, NE Niger, SN Senegal, TD Chad, TG Togo, and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line)

## National Patent (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line):

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> AL Albania                               | <input checked="" type="checkbox"/> LS Lesotho                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> AM Armenia                               | <input checked="" type="checkbox"/> LT Lithuania                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> AT Austria                               | <input checked="" type="checkbox"/> LU Luxembourg                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> AU Australia                             | <input checked="" type="checkbox"/> LV Latvia                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> AZ Azerbaijan                            | <input checked="" type="checkbox"/> MD Republic of Moldova                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> BA Bosnia and Herzegovina                | <input checked="" type="checkbox"/> MG Madagascar                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> BB Barbados                              | <input checked="" type="checkbox"/> MK The former Yugoslav Republic of Macedonia |
| <input checked="" type="checkbox"/> BG Bulgaria                              |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> BR Brazil                                | <input checked="" type="checkbox"/> MN Mongolia                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> BY Belarus                               | <input checked="" type="checkbox"/> MW Malawi                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Canada                                | <input checked="" type="checkbox"/> MX Mexico                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> CH and LI Switzerland and Liechtenstein  | <input checked="" type="checkbox"/> NO Norway                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN China                                 | <input checked="" type="checkbox"/> NZ New Zealand                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> CU Cuba                                  | <input checked="" type="checkbox"/> PL Poland                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> CZ Czech Republic and utility model      | <input checked="" type="checkbox"/> PT Portugal                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> DE Germany and utility model             | <input checked="" type="checkbox"/> RO Romania                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> DK Denmark and utility model             | <input checked="" type="checkbox"/> RU Russian Federation                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> EE Estonia                               | <input checked="" type="checkbox"/> SD Sudan                                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> ES Spain                                 | <input checked="" type="checkbox"/> SE Sweden                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> FI Finland and utility model             | <input checked="" type="checkbox"/> SG Singapore                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> GB United Kingdom                        | <input checked="" type="checkbox"/> SI Slovenia and utility model                |
| <input checked="" type="checkbox"/> GE Georgia                               | <input checked="" type="checkbox"/> SK Slovakia                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> GH Ghana                                 | <input checked="" type="checkbox"/> SL Sierra Leone                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> GM Gambia                                | <input checked="" type="checkbox"/> TJ Tajikistan                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> <del>GW Guinea-Bissau</del>              | <input checked="" type="checkbox"/> TM Turkmenistan                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> HR Croatia                               | <input checked="" type="checkbox"/> TR Turkey                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> HU Hungary                               | <input checked="" type="checkbox"/> TT Trinidad and Tobago                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> ID Indonesia                             | <input checked="" type="checkbox"/> UA Ukraine                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> IL Israel                                | <input checked="" type="checkbox"/> UG Uganda                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> IS Iceland                               | <input checked="" type="checkbox"/> US United States of America                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> JP Japan                                 |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> KE Kenya                                 | <input checked="" type="checkbox"/> UZ Uzbekistan                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> KG Kyrgyzstan                            | <input checked="" type="checkbox"/> VN Viet Nam                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> KP Democratic People's Republic of Korea | <input checked="" type="checkbox"/> YU Yugoslavia                                |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> ZW Zimbabwe                                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> KR Republic of Korea                     |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> KZ Kazakhstan                            |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> LC Saint Lucia                           |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> LK Sri Lanka                             |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> LR Liberia                               |  |

Check-boxes reserved for designating States (for the purposes of a national patent) which have become party to the PCT after issuance of this sheet:

- ☐ .....
- ☐ .....

**Precautionary Designation Statement:** In addition to the designations made above, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all other designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) indicated in the Supplemental Box as being excluded from the scope of this statement. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit. (Confirmation of a designation consists of the filing of a notice specifying that designation and the payment of the designation and confirmation fees. Confirmation must reach the receiving Office within the 15-month time limit.)

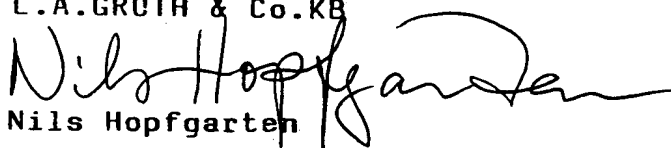
<b>Box No. VI PRIORITY CLAIM</b>					<input type="checkbox"/> Further priority claims are indicated in the Supplemental Box.
Filing date of earlier application (day/month/year)	Number of earlier application	Where earlier application is:			
		national application: country	regional application: regional Office	international application: receiving Office	
item (1) 30 Septemb. 1997 (30.09.1997)	9703554-7	Sweden			
item (2)					
item (3)					

☒ The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) (only if the earlier application was filed with the Office which for the purposes of the present international application is the receiving Office) identified above as item(s): **(1)**

\* Where the earlier application is an ARIPO application, it is mandatory to indicate in the Supplemental Box at least one country party to the Paris Convention for the Protection of Industrial Property for which that earlier application was filed (Rule 4.10(b)(ii)). See Supplemental Box.

<b>Box No. VII INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY</b>			
Choice of International Searching Authority (ISA) (if two or more International Searching Authorities are competent to carry out the international search, indicate the Authority chosen: the two-letter code may be used):		Request to use results of earlier search; reference to that search (if an earlier search has been carried out by or requested from the International Searching Authority):	
ISA / SE		Date (day/month/year)	Number Country (or regional Office)
		30 September 1997	SE 97/01159 Sweden

<b>Box No. VIII CHECK LIST; LANGUAGE OF FILING</b>	
This international application contains the following number of sheets: request : 4 description (excluding sequence listing part) : 10 claims : 4 abstract : 1 drawings : 4 sequence listing part of description : Total number of sheets : 23 ✓	This international application is accompanied by the item(s) marked below: 1. <input type="checkbox"/> fee calculation sheet 2. <input type="checkbox"/> separate signed power of attorney 3. <input type="checkbox"/> copy of general power of attorney; reference number, if any: 4. <input type="checkbox"/> statement explaining lack of signature 5. <input type="checkbox"/> priority document(s) identified in Box No. VI as item(s): 6. <input type="checkbox"/> translation of international application into (language): 7. <input type="checkbox"/> separate indications concerning deposited microorganism or other biological material 8. <input type="checkbox"/> nucleotide and/or amino acid sequence listing in computer readable form 9. <input checked="" type="checkbox"/> other (specify): <b>Copy of Off.Action + ITS report</b>
Figure of the drawings which should accompany the abstract: 2	Language of filing of the international application: <b>Swedish</b>

<b>Box No. IX SIGNATURE OF APPLICANT OR AGENT</b>	
Next to each signature, indicate the name of the person signing and the capacity in which the person signs (if such capacity is not obvious from reading the request).	
<b>L.A.GROTH &amp; Co.KB</b>  <b>Nils Hopfgarten</b>	

For receiving Office use only		2. Drawings:  <input checked="" type="checkbox"/> received:  <input type="checkbox"/> not received:
1. Date of actual receipt of the purported international application:	29 -09- 1998	
3. Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application:		
4. Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2):		
5. International Searching Authority (if two or more are competent): <b>ISA / SE</b>	6. <input type="checkbox"/> Transmittal of search copy delayed until search fee is paid.	

For International Bureau use only	
Date of receipt of the record copy by the International Bureau:	<b>76 OCTOBER 1998</b> <b>7 16.10.98</b>

## ROTERANDE ELEKTRISK MASKIN

### Tekniskt område

5 Föreliggande uppfinning avser en roterande elektrisk maskin av en typ med roterande fältkrets, vilken maskin är avsedd att direkt anslutas till ett distributions- eller transmissionsnät. Uppfinningen hänför sig också till förfaranden för att övervaka fältlindningens resistans till jord samt för att bestämma rotortemperaturen.

### 10 Uppfinningens bakgrund

Den roterande elektriska maskinen enligt föreliggande uppfinning kan vara t.ex. en synkronmaskin, dubbelmatad maskin, asynkron strömriktarkaskad, ytterpolmaskin eller synkronflödesmaskin.

15 För att ansluta maskiner av detta slag till distributions- eller transmissionsnät, i de följande gemensamt kallade kraftnät, har hittills transformatorer använts för upptransformering av spänningen till nätnivå, det vill säga till området 130 - 400 kV.

20 Generatorer med en märkspänning av upp till 36 kV är beskrivna av Paul R. Siedler, "36 kV Generators Arise from Insulation Research", Electrical World, 15 October, 1932, sid 524-527. Dessa generatorer innefattar lindningar av högspänningskabel, varvid isoleringen är uppdelad i olika skikt med olika dielektricitetskonstanter. Det använda isoleringsmaterialet består av olika kombinationer av de tre komponenterna glimmerblad-glimmer, lack och papper.

25 Det har nu visat sig att genom att framställa lindningar hos den inledningsvis omnämnda maskinen av en isolerad elektrisk högspänningsledare med en fast isolation av liknande slag som hos kablar för kraftöverföring kan maskinens spänning höjas till sådana nivåer att maskinen kan direkt anslutas till vilket kraftnät som helst utan mellanliggande transformator. Typiskt driftsområde för dessa maskiner är 30 - 800 kV.

30 Vidare, vid exempelvis systemlösningar baserade på borstlösa matare för magnetisering av en synkronmaskin är synkronmaskinens rotorlindning normalt icke övervakad med avseende på jordfel.

Syftet med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en sådan, för direktanslutning till kraftnät avsedd roterande elektrisk maskin med möjlighet till detektering av jordfel i den roterande fältkretsen.

5 Sammanfattning av uppfinningen

Detta syfte uppnås med en roterande elektrisk maskin av inledningsvis angivet slag med i patentkravet 1 angivna kännetecken.

Den isolerade ledaren eller högspänningskabeln som används vid föreliggande uppfinning är böjlig och av det slag som närmare beskrivs i WO 97/45919 och WO 97/45847. Ytterligare beskrivning av den isolerade ledaren eller kabeln finns i WO 97/45918, WO 97/45930 och WO 97/45931.

Således är, vid anordningen enligt uppfinningen, lindningarna företrädesvis av ett slag motsvarande kablar med fast extruderad isolation som i dag används för kraftdistribution, t.ex. s.k. PEX-kablar eller kablar med EPR-isolation. En sådan innefattar en inre ledare sammansatt av en eller flera kardeler, ett ledaren omgivande inre halvledande skikt, ett detta omgivande fast isoleringsskikt och ett isoleringsskiktet omgivande yttre halvledande skikt. Dylika kablar är böjliga vilket är en väsentlig egenskap i sammanhanget eftersom tekniken för anordningen enligt uppfinningen i första hand baserar sig på ett lindningssystem där lindningen görs med ledningar som böjs vid montering. En PEX-kabel har normalt en böjlighet motsvarande en krökningsradie på ca 20 cm för en kabel med 30 mm diameter och en krökningsradie på ca 65 cm för en kabel med 80 mm diameter. Med uttrycket böjlig avses i denna ansökan således att lindningen är böjlig ned till en krökningsradie i storleksordningen 4 gånger kabeldiametern och företrädesvis 8-12 gånger kabeldiametern.

Lindningen bör vara utförd så att den kan bibehålla sina egenskaper även när den böjs och när den under drift utsätts för termiska eller mekaniska påkänningar. Att skikten bibehåller sin vidhäftning vid varandra är av stor betydelse i detta sammanhang. Avgörande är här skiktens materialegenskaper, framför allt deras elasticitet och deras relativa värmeutvidgningskoefficienter. För exempelvis en PEX-kabel är det isolerande skiktet av tvärbunden lågdensitetspolyeten och de halvledande skikten av polyeten med inblandade sot- och metallpartiklar. Volymförändringar till följd av temperaturförändringar upptas helt som radieförändringar i

kabeln och tack vare den jämförelsevis ringa skillnaden hos skiktens värmeutvidgningskoefficienter i förhållande till den elasticitet som dessa material har, så kommer kabelns radiella expansion att kunna ske utan att skikten lossnar från varandra.

5 Ovan angivna materialkombinationer är endast att ses som exempel. Inom uppfinningens ram faller naturligtvis även andra kombinationer som uppfyller de nämnda villkoren och uppfyller villkoren att vara halvledande, dvs. med en resistivitet i området  $10^{-1} - 10^6$  ohm-cm, t. ex. 1 - 500 ohm-cm, eller 10 - 200 ohm-cm.

10 Det isolerande skiktet kan exempelvis utgöras av ett fast termoplastiskt material såsom lågdensitetspolyeten (LDPE), högdensitetspolyeten (HDPE), polypropylen (PP), polybutylen (PB), polymetylpenten (PMP), tvärbundna material såsom tvärbunden polyetylen (XLPE eller PEX) eller gummi såsom etylenpropylen-gummi (EPR) eller silikongummi.

15 De inre och yttre halvledande skikten kan ha samma basmaterial men med inblandning av partiklar av ledande material såsom sot eller metallpulver.

De mekaniska egenskaperna hos dessa material, framför allt deras värmeutvidgningskoefficienter, påverkas ganska ringa av om det är inblandat med sot eller metallpulver eller ej, dvs i de proportioner som erfordras för att uppnå den enligt uppfinningen erforderliga ledningsförmågan. Det isolerande skiktet och de halvledande skikten får därmed i stort sett samma värmeutvidgningskoefficienter.

20 För de halvledande skikten kan även etylenvinylacetatsampolymer/nitrilgummi, butylmappolyeten, etylenakrylatsampolymer och etylenetylakrylatsampolymer utgöra lämpliga polymerer.

25 Även då olika slag av material användes som bas i respektive skikt är det önskvärt att deras värmeutvidgningskoefficient är av samma storleksordning. För kombinationen av de ovan uppräknade materialen förhåller det sig på detta sätt.

De ovan uppräknade materialen har en ganska god elasticitet med en E-modul  $E < 500$  MPa, företrädesvis  $< 200$  MPa. Elasticiteten är tillräcklig för att eventuella smärre avvikelser hos värmeutvidgningskoefficienterna för materialen i skikten kommer att upptas i radialriktningen av elasticiteten så att ej sprickor eller andra skador uppstår och så att skikten ej släpper från varandra. Materialet i skik-

ten är elastiska och vidhäftningen mellan skikten av åtminstone samma storleksordning som i det svagaste av materialen.

Ledningsförmågan hos de båda halvledande skikten är tillräckligt stor för att i huvudsak utjämna potentialen längs respektive skikt. Ledningsförmågan hos  
5 det yttre halvledande skiktet är så pass stor att det yttre halvledande skiktet har tillräcklig ledningsförmåga för att innesluta det elektriska fältet i kabeln, men samtidigt liten nog att ej ge anledning till signifikanta förluster p g a i skiktets längsriktning inducerade strömmar.

Vardera av de båda halvledande skikten utgör således väsentligen en ek-  
10 vipotentialyta och lindningen med dessa skikt kommer att i huvudsak innesluta det elektriska fältet inom sig.

Det utesluts naturligtvis inte att ytterligare ett eller flera halvledande skikt kan vara anordnade i det isolerande skiktet.

Enligt fördelaktiga utföringsformer av maskinen enligt uppfinningen inne-  
15 fattar ett för matning av fältkretsen avsett magnetiseringssystem en med fältkretsen roterande del och delar av detekteringskretsen för jordfel är anordnad i nämnda roterande del. Detekteringskretsen innefattar en roterande injiceringskrets för att pålägga en mätkrets, som är sluten genom impedansen mellan fältlindning och jord, en injiceringsspänning och en mätenhet för att mäta av injicerings-  
20 ringsspänningen resulterande felström i nämnda mätkrets, varvid likriktarenheter är anordnade att bilda likriktade absolutvärden av injiceringsspänningen och felströmmen, varjämte en trådlös kommunikationsenhet är inrättad att överföra nämnda absolutvärden till en stillastående beräkningsenhet för övervakning av fältlindningens resistans till jord. På detta sätt behöver endast två processsignaler,  
25 nämligen injiceringsspänningens och felströmmens likriktade absolutvärden, överföras till den stillastående delen för bestämning av resistansvärdet till jord. Detta innebär ett begränsat signalsnitt mellan den stationära och den roterande delen med mindre krav på den släpringsfria överföringen. Vidare begränsas antalet roterande enheter för injicering och mätning. Beräkningsenheten innefattar lämpligen  
30 en datorutrustning för implementering av erforderliga beräkningsalgoritmer.

Enligt en annan fördelaktig utföringsform av maskinen enligt uppfinningen, varvid magnetiseringssystemet är matat från en matare med roterande statorsida, är injiceringskretsen matad från matarens roterande statorsida. Härvid kan spän-

ningsvariationer kompenseras med hjälp av mjukvarufunktioner i datorutrustningen. Dessa funktioner är baserade på kända förhållanden beträffande RC-kretsars fasvridning samt beräkning av såväl reella som imaginära strömkomponenter och absolutvärden för gränsvärdesbestämning.

5 Enligt ännu en fördelaktig utföringsform av maskinen enligt uppfinningen är filterkretsar anordnade i nämnda mätkrets för dels bortfiltrering av övertoner och dels likspänningsmässig blockering. Filtertidkonstanterna för filtrering av övertoner skall härvid motsvara injiceringsspänningens periodtid för att effektiv bortfiltrering av övertoner skall vara möjlig.

10 Enligt ytterligare en fördelaktig utföringsform av maskinen enligt uppfinningen är skalningsenheter anordnade före en jämförare för jämförelse av nämnda absolutvärden av felströmmen med förutbestämda gränsvärden, vilka skalningsenheter är anordnade att normera och kompensera den uppmätta felströmmen för variationer i injiceringsspänningen innan felströmmen tillförs jämföraren.

15 Detta är av betydelse eftersom injiceringsspänningen ändras med magnetiseringen.

Enligt en annan fördelaktig utföringsform av maskinen enligt uppfinningen löses ovan nämnda problem genom att injiceringskretsen är matad från en konstant spänningskälla.

20 Enligt ännu en fördelaktig utföringsform av maskinen enligt uppfinningen är en stillastående spänningskälla anordnad att via en ringtransformator mata injiceringskretsen. Härigenom kan jordfel även detekteras vid stillastående rotor.

#### Kort beskrivning av ritningarna

25 För att förklara uppfinningen närmare kommer nu såsom exempel valda utföringsformer av maskinen enligt uppfinningen att beskrivas mera i detalj med hänvisning till bifogade ritningar, på vilka

figur 1 visar i tvärsnittsvy den isolerade ledare som används för lindningar vid maskinen enligt uppfinningen,

30 figur 2 visar ett schema över magnetiseringssystemet med krets för detektering av jordfel i fältkretsen samt med anordningar för bestämning av rotortemperaturen vid ett utföringsexempel av den roterande elektriska maskinen enligt uppfinningen,



figurerna 3-6 visar ekvivalenta scheman för den i detekteringskretsen för jordfel ingående mätkretsen vid olika felfall, och figur 7 visar ett utförande av en skalningsenhet för normering och kompensering av mätsignalen.

5

#### Beskrivning av föredragna utföringsformer

Figur 1 visar en tvärsnittsvy av en isolerad ledare 11, avsedd att användas i minst en av lindningarna i maskinen enligt uppfinningen för att möjliggöra direktanslutning av maskinen till kraftnät. Den isolerade ledaren 11 innefattar således ett antal kardeler 35 med cirkulärt tvärsnitt av exempelvis koppar (Cu). Dessa kardeler 35 är anordnade i mitten av den isolerade ledaren 11. Runt kardelerna 35 är anordnat ett första halvledande skikt 13. Runt det första halvledande skiktet 13 finns anordnat ett isolationsskikt 37, t.ex. PEX-isolation. Runt isolationsskiktet 37 finns anordnat ett andra halvledande skikt 15. Den visade isolerade ledaren är böjlig och denna egenskap bibehåller den under sin livslängd. De tre skikten 13, 37, 15 är utförda så att de vidhäftar varandra även då kabeln böjs. Den isolerade ledaren har en diameter i intervallet 20-250 mm och en ledningsarea i intervallet 80 -3000 mm<sup>2</sup>.

I figur 2 visas schemat över magnetiseringssystemet vid en roterande elektrisk maskin med en eller flera lindningar av den i figur 1 visade isolerade ledaren för att möjliggöra direkt anslutning till kraftnät. Magnetiseringssystemet innefattar såväl en roterande injicerings- och mätkrets 16 som en stationär enhet 20 för dels detektering av jordfel och dels för beräkning av rotortemperaturen.

Magnetiseringssystemet innefattar sålunda en roterande del 1 bestyckad med en roterande matare G3 som från den roterande statorsidan matar en diod- eller tyristorbrygga 12, vilken är ansluten med sin likströmssida till den elektriska maskinens fältlindning 14. Vidare finns en injicerings- och mätkrets 16 att användas vid detektering av jordfel i fältkretsen samt mätorgan 18 för bestämning av fältspänningen för temperaturberäkningar. Den roterande delen 1 innehåller vidare matdon 5 för matning av den roterande delens elektroniska utrustning samt en kommunikationsenhet 3. Vidare finns mätton 25 för mätning av fältströmmen  $I_F$ . Trådlös kommunikation mellan den roterande delen 1 och stationär utrustning 20

sker med hjälp av kommunikationsenheten 3 och en stationär kommunikationsenhet 4.

Med hjälp av en injiceringskrets, innefattande en transformator 8 för spänningsanpassning och galvanisk separation påläggs mätkretsen en lämplig spänning  $U$  via en injiceringstransformator 9, vilken spänning sålunda är uttagen från matarens G3 växelströmssida. Mätkretsen innehåller två parallella RC-grenar och sluts genom fältlindningens 14 impedans till jord. RC-grenarna tjänar som strömbegränsning och likströmsisolering.

Den av injiceringsspänningen  $U$  alstrade strömmen  $I$  i mätkretsen avkänns med en avkänningskrets 22 via en mättransformator 11 och omvandlas i en motsvarande spänningssignal, som filtreras i filterkretsen 24 och likriktas i likriktaren 26. Den på likriktarens 26 utgång erhållna spänningssignalen  $U_I$  representerar på detta sätt amplitudvärdet för grundtonen av strömmen  $I$  i mätkretsen.

Även injiceringsspänningen  $U$  filtreras och likriktas på liknande sätt i filterkretsen 28 och likriktaren 30, på vars utgång en spänningssignal  $U_U$  erhålls, vilken representerar amplitudvärdet för injiceringsspänningens  $U$  grundton.

Filtertidkonstanterna  $T$  för filtren 24, 28 skall motsvara injiceringsspänningens  $U$  och mätströmmens  $I$  periodtid för att effektivt kunna bortfiltrera alla övertoner.

Med hjälp av kommunikationsenheterna 3, 4 överförs spänningssignalerna  $U_U$ ,  $U_I$  till den stationära delen 20 för beräkning av fältlindningens 14 resistans till jord ur dessa signaler i beräkningsenheten 13.

Med beräkningsenheten 13 är det på detta sätt möjligt att övervaka jordfel hos fältlindningen 14 och när fältlindningens 14 resistans till jord sjunker under förutbestämd nivå utlösa ett larm.

$R_j$  betecknar fältlindningens 14 resistans till jord, det vill säga i praktiken resistansen till den roterande delens järnmassa, och  $C_j$  lindningens 14 kapacitans till jord. Resistansens  $R_j$  kan i princip variera från oändligt stort värde till noll.

I figur 3 visas ett ekvivalent schema för mätkretsen i det fall att  $R_j=0$ , det vill säga det "värsta" fallet med fältlindningen 14 kortsluten till jord. Med kända värden på resistansen  $R$ , kapacitansen  $C$  och injiceringsspänningen  $U$  kan den resulterande strömmen  $I_1$  i kretsen beräknas, och lämplig normeringskonstant kan bestämmas enligt principer som beskrivs i anslutning till figur 7 nedan. Absolutvärdet

av strömmen  $I_1$  motsvarar värdet på mätsignalen  $U_1$  som överförs till beräkningsenheten 13, såsom beskrivits ovan i anslutning till figur 2.

Till höger om det ekvivalenta schemat i figur 3 illustreras storlekar och faslägen på injiceringsspänningen  $U$ , sammansatt av en resistiv komponent  $U_r$  och en kapacitiv komponent  $U_c$ , samt strömmen  $I_1$ .

Figur 4 visar motsvarande ekvivalenta schema i ett felfritt tillstånd, det vill säga lindningens övergångsresistans till jord är  $R_j = \infty$ . Med kända värden på injiceringsspänningen  $U$ , resistansen  $R$  och kapacitansen  $C$  samt uppmätning av strömmen  $I_2$  kan lindningens kapacitans  $C_j$  till jord bestämmas.

På samma sätt som i figur 3 visas till höger om schemat storlekar och faslägen på injiceringsspänningen  $U$ , vilken är sammansatt av en resistiv komponent  $U_r$  i fas med strömmen  $I_2$ , och en kapacitiv komponent, bestående av spänningsfallet  $U_c$  över kondensatorerna  $C$  och spänningsfallet  $U_j$  över kapacitansen  $C_j$ , samt strömmen  $I_2$ .

Figur 5 visar ett motsvarande ekvivalent schema vid en övergångsresistans mellan lindning 14 och jord  $R_j$ , där  $0 < R_j < \infty$ , det vill säga ett tillstånd liggande mellan de i figurerna 3 och 4 illustrerade. Med kända värden på resistanserna  $R$ , kapacitanserna  $C$ , jordningskapacitansen  $C_j$ , injiceringsspänningen  $U$  samt strömmarna  $I_1$  och  $I_2$  från de i figurerna 3 och 4 visade fallen, samt förutbestämda gränsvärden på övergångsresistansen till jord  $R_j$  möjliggörs beräkning av olika gränsvärden på strömmen  $I_3$  för larm och utlösning, såsom nämndes i anslutning till figur 2.

Sålunda är impedansen  $Z_1$  över de två parallella grenarna, vardera innehållande  $2R$  i serie med  $2C$ ,

$$Z_1 = R - j \frac{1}{\omega C}$$

övergångsimpedansen mellan lindning 14 och jord  $Z_2$

$$Z_2 = \frac{R_j}{1 + j\omega R_j C_j}$$

varvid strömmen  $I_3$  ges av

$$I_3 = U/(Z_1 + Z_2)$$

5 Till höger om schemat i figur 5 visas storlekar och faslägen på spänningar och strömmar på motsvarande sätt som i figurerna 3 och 4. Av detta diagram framgår att strömmen  $I_3$  är i fas med strömmen  $I_2$  i figur 4 en strömkomposant  $I_{Cj}$  genom övergångskapacitansen  $C_j$  och en strömkomposant  $I_{Rj}$  genom övergångsresistansen  $R_j$ , varvid de två sistnämnda strömkomposanterna ligger vinkelrätt mot  
10 varandra i diagrammet, det vill säga fasförskjutna  $90^\circ$ .

Figurerna 3 och 5 visar fall med fel på likströmssidan av matningen av fältlindningen från mataren G3, jfr figur 2. Figur 6 illustrerar en situation med fel på likriktarbryggans 12 växelströmssida. Fel på växelströmssidan kännetecknas av att en extra matningskälla  $U_{ac}$  tillkommer och att strömmens absolutvärde är sam-  
15 mansatt av två komponenter. En som drivs av den vanliga injiceringsspänningen  $U$  och en som drivs av felställets potentialnivå mot jord, representerat av spänningen  $U_{ac}$ . Vid fel på växelströmssidan kommer därför felströmmens totala absolutvärde att överskrida de vid fallet i figur 5 beräknade gränsvärdena, ofta med god marginal, med utlösning av larm som följd.

20 Motsvarande fasdiagram till höger i figur 6 överensstämmer med det i figur 5.

Vid variationer i injiceringsspänningen  $U$  måste mätsignalerna kompenseras för dessa variationer genom skalning. Alternativt måste förutbestämda gränsvärden i en jämförare för utlösning av larm etc. ändras, vilket är betydligt mera  
25 omständligt.

I figur 7 visas en skalningsenhet 32, 34 som ingår i beräkningsenheten 13 i figur 2. I denna skalningsenhet 32, 34 normeras mätvärdet  $U_i$  representerande absolutvärdet av strömmen  $I$  genom multiplicering med en normeringskonstant  $K_1$ . Lämplig storlek på normeringskonstanten  $K_1$  kan bestämmas genom ett mät-  
30 förfarande enligt figur 3. På samma sätt kompenseras mätsignalen  $U_u$  för variationer i injiceringsspänningen  $U$  genom skalning med en kompenseringskonstant  $K_2$ , varvid  $K_2=U_u$  vid tidpunkten för normering av mätsignalen  $U_i$ . Den normerade och för variationer i injiceringsspänningen  $U$  kompenserade strömmen  $I_n$  tillförs en

jämförare 38, i vilken denna ström  $I_n$  jämförs med olika förbestämda gränsvärden Lim 1, Lim 2, Lim 3 för utlösning av larm, avgivning av utlösningssignal etc.

Med mätanordningen 18 uppmäts fältspänningen och med mät donet 25 fältströmmen och motsvarande mätsignaler  $U_F$  och  $I_F$  överförs via de trådlösa kommunikationsenheterna 3,4 till en enhet 40 i den stationära utrustningen 20 för beräkning av rotortemperaturen ur dessa mätsignaler, se figur 2. I filtret 42 i mätanordningen 18 filtreras fältspänningssignalen med en tidskonstant  $T_1$ , som skall motsvara 0,3 gånger fältlindningens 14 tomgångstidskonstant. När den elektriska maskinen icke är infasad på nätet har den nämligen en tidskonstant motsvarande tomgångstidskonstanten och om man kopplar in maskinen på nätet ändras denna tidskonstant beroende på nätets induktans med en faktor av approximativt 0,3.

Enheten 40 kan i sin tur vara ansluten till t.ex. indikeringsorgan för rotortemperaturen, larm eller utlösningsorgan för aktivering av dessa i beroende av det bestämda värdet på rotortemperaturen.

Talrika modifikationer av den ovan beskrivna utföringsformen av uppfinningen är självfallet möjliga inom uppfinningens ram. Sålunda kan uppfinningen även tillämpas på stationära lösningar, såsom statiska matare, och matningsspänningen till injiceringsenheten kan transformeras till den roterande delen med hjälp av ringtransformator, vilket innebär att jordfel även kan detekteras vid stillastående maskin.

---

PATENTKRAV

1. Roterande elektrisk maskin av en typ med roterande fältkrets, vilken maskin är avsedd att direkt anslutas till ett distributions- eller transmissionsnät,  
5 **kännetecknad** av att minst en elektrisk lindning hos maskinen innefattar minst en elektrisk ledare, ett ledaren omslutande första skikt med halvledande egenskaper, ett det första skiktet omslutande fast isolerande skikt och ett det isolerande skiktet omslutande andra skikt med halvledande egenskaper samt att en detekteringskrets är anordnad att detektera jordfel i den roterande fältkretsen.  
10
2. Maskin enligt krav 1, **kännetecknad** av att potentialen på det första skiktet är väsentligen lika med potentialen på ledaren.
3. Maskin enligt krav 1 eller 2, **kännetecknad** av att det andra skiktet är an-  
15 ordnat att bilda väsentligen en ekvipotentialyta, omgivande ledaren.
4. Maskin enligt krav 3, **kännetecknad** av att det andra skiktet är anslutet till en förutbestämd potential.
- 20 5. Maskin enligt krav 4, **kännetecknad** av att nämnda förutbestämda potential är jordpotential.
6. Maskin enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att åtminstone två närbelägna skikt hos maskinens lindning har väsentligen lika stora värmeut-  
25 vidgningskoefficienter.
7. Maskin enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att ledaren innefattar ett antal kardeler, av vilka åtminstone några är i elektrisk kontakt med varandra.  
30
8. Maskin enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att vart och ett av nämnda tre skikt är fast förbundet med närbelägna skikt längs väsentligen hela anliggningsytan.

9. Maskin enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att nämnda skikt är anordnade att vidhäfta varandra även då den isolerade ledaren böjs.
- 5 10. Roterande elektrisk maskin av en typ med roterande fältkrets, vilken maskin är avsedd att direkt anslutas till ett distributions- eller transmissionsnät, **kännetecknad** av att minst en lindning hos maskinen är bildad av en kabel innefattande en eller flera strömförande ledare, varvid varje ledare uppvisar ett antal karde-  
10 ler, ett inre halvledande skikt anordnat runt varje ledare, ett isolerande skikt av fast isolationsmaterial anordnat runt nämnda inre halvledande skikt, och ett yttre halvledande skikt, anordnat runt de isolerande skiktet, samt att en detekteringskrets är anordnad att detektera jordfel i den roterande fältkretsen.
11. Maskin enligt krav 10, **kännetecknad** av att nämnda kabel innefattar en  
15 mantel.
12. Maskin enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att ett för matning av fältkretsen avsett magnetiseringssystem innefattar en med fältkretsen roterande del samt att en injicerings- och mätenhet för nämnda detekteringskrets är  
20 anordnad i nämnda roterande del.
13. Maskin enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att detekteringskretsen innefattar en injiceringskrets för att pålägga en mätkrets, som är sluten genom impedansen mellan fältlindning och jord, en injiceringsspänning, och  
25 en mätenhet för att mäta av injiceringsspänningen resulterande felström i nämnda mätkrets, samt att likriktarenheter är anordnade att bilda likriktade absolutvärden av injiceringsspänningen och felströmmen, varjämte en trådlös kommunikationsenhet är inrättad att överföra nämnda absolutvärden till en stillastående beräkningsenhet för övervakning av fältlindningens resistans till jord.
- 30 14. Maskin enligt krav 13, varvid magnetiseringssystemet är matat från en matare med roterande statorsida, **kännetecknad** av att injiceringskretsen är matad från matarens roterande statorsida.

15. Maskin enligt krav 13 eller 14, **kännetecknad** av att filterkretsar är anordnade i nämnda mätkrets för bortfiltrering av övertoner och likspänningsmässig blockering.
- 5
16. Maskin enligt något av kraven 13-15, **kännetecknad** av att en jämförare är anordnad att jämföra nämnda absolutvärde av felströmmen med förutbestämda gränsvärden och i beroende av resultatet av jämförelsen utlösa larm.
- 10
17. Maskin enligt krav 16, **kännetecknad** av att skalningsenheter är anordnade före jämföraren för att normera och kompensera den uppmätta felströmmen för variationer i injiceringsspänningen innan felströmmen tillförs jämföraren.
18. Maskin enligt något av föregående krav, **kännetecknad** av att mätorgan  
15 är inrättade att uppmäta fältlindningens spänning och ström och överföra dessa värden till en enhet för beräkning av rotortemperaturen.
19. Maskin enligt krav 18, **kännetecknad** av att enheten för beräkning av rotortemperaturen är stillastående samt att nämnda uppmätta spännings- och  
20 strömvärden för fältlindningen är överförbara via den trådlösa kommunikationsenheten till nämnda beräkningsenhet.
20. Maskin enligt krav 18 eller 19, **kännetecknad** av att larm är anslutna till beräkningsenheten för att utlösas när temperaturen överstiger ett förutbestämt  
25 gränsvärde.
21. Maskin enligt krav 13, **kännetecknad** av att en stillastående spänningskälla är anordnad att via en ringtransformator mata injiceringskretsen.
- 30
22. Maskin enligt krav 13, **kännetecknad** av att injiceringskretsen är matad från en konstant spänningskälla.



23. Förfarande vid en roterande elektrisk maskin, av en typ med roterande fältkrets, vilken maskin är avsedd att direkt anslutas till ett distributions- eller transmissionsnät, varvid minst en elektrisk lindning hos maskinen innefattar minst en elektrisk ledare, ett ledaren omslutande första skikt med halvledande egenskaper, 5 ett det första skiktet omslutande fast isolerande skikt och ett det isolerande skiktet omslutande andra skikt med halvledande egenskaper, **kännetecknat** av att en injiceringspänning påläggs en mätkrets, som är sluten genom impedansen mellan fältlindning och jord, och resulterande felström i mätkretsen mäts, varpå likriktade absolutvärden av injiceringspänningen och felströmmen bildas och över- 10 förs till en beräkningsenhet för övervakning av fältlindningens resistans till jord.

24. Förfarande enligt krav 23, **kännetecknat** av att övertoner i mätkretsen bortfiltreras.

15 25. Förfarande enligt krav 23 eller 24, **kännetecknat** av att nämnda absolutvärde av felströmmen jämförs med förutbestämda gränsvärden och larm utlöses i beroende av resultatet av jämförelsen.

26. Förfarande enligt krav 25, **kännetecknat** av att före jämförelsen normeras 20 och kompenseras den uppmätta felströmmen för variationer i injiceringspänningen.

27. Förfarande vid en roterande elektrisk maskin, av en typ med roterande fältkrets, vilken maskin är avsedd att direkt anslutas till ett distributions- eller transmissionsnät, varvid minst en elektrisk lindning hos maskinen innefattar minst en elektrisk ledare, ett ledaren omslutande första skikt med halvledande egenskaper, 25 ett det första skiktet omslutande fast isolerande skikt och ett det isolerande skiktet omslutande andra skikt med halvledande egenskaper, **kännetecknat** av att fältlindningens spänning och ström uppmäts och rotortemperaturen beräknas ur dessa uppmätta värden. 30

---

## SAMMANDRAG

En roterande elektrisk maskin av en typ med roterande fältkrets är avsedd att direkt anslutas till ett distributions- eller transmissionsnät. Minst en elektrisk  
5 lindning hos maskinen innefattar minst en elektrisk ledare, ett ledaren omslutande första skikt med halvledande egenskaper, ett det första skiktet omslutande fast isolerande skikt och ett det isolerande skiktet omslutande andra skikt med halvledande egenskaper. En detekteringskrets (16) är vidare anordnad att detektera jordfel i den roterande fältkretsen. Även förfaranden för att övervaka fältlindning-  
10 ens resistans till jord samt för att bestämma rotortemperaturen vid en sådan maskin beskrivs.

---

(Fig. 2)

Fig. 1

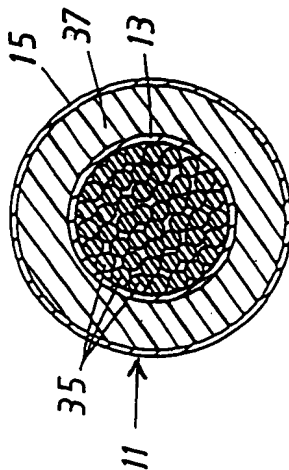
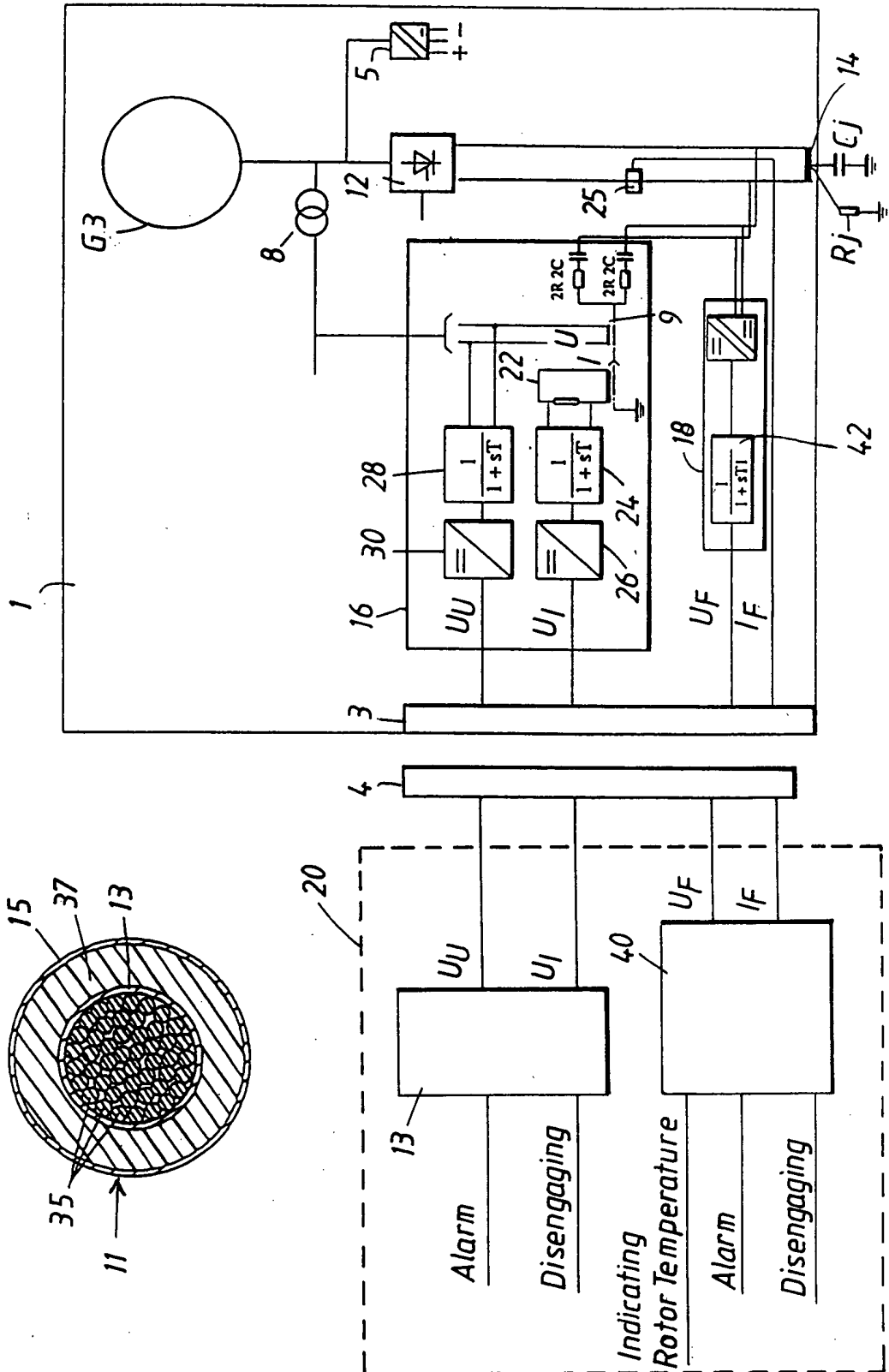


Fig. 2



12-11-1998

2 / 3

Fig. 3

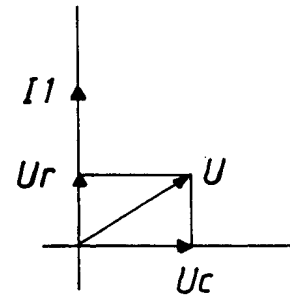
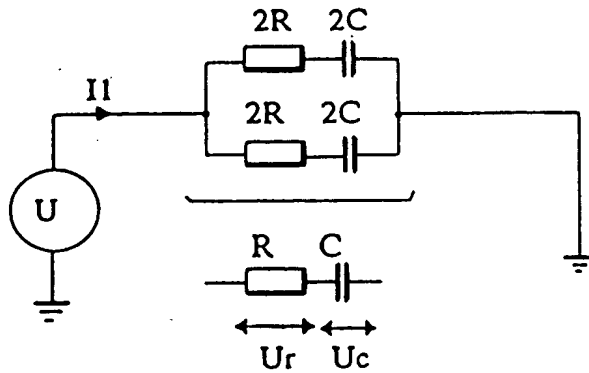


Fig. 4

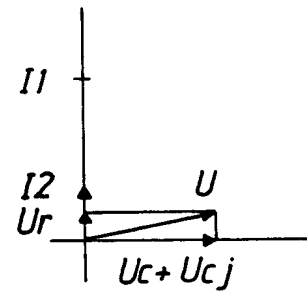
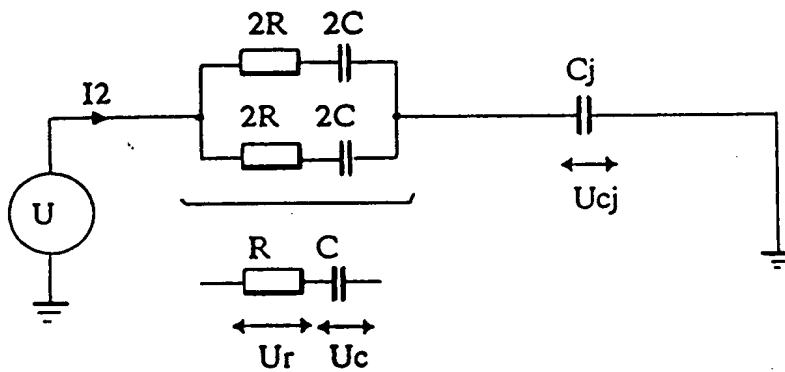
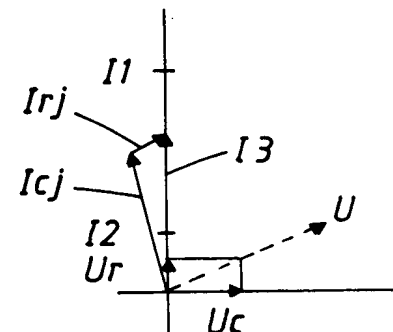
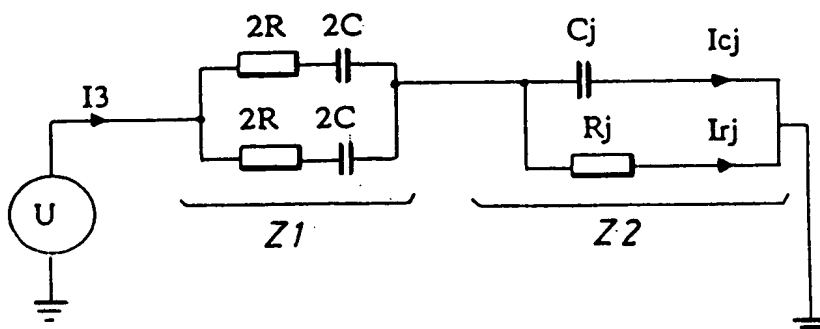


Fig. 5



SUBSTITUTE SHEET

12-11-1998

3 / 3

Fig. 6

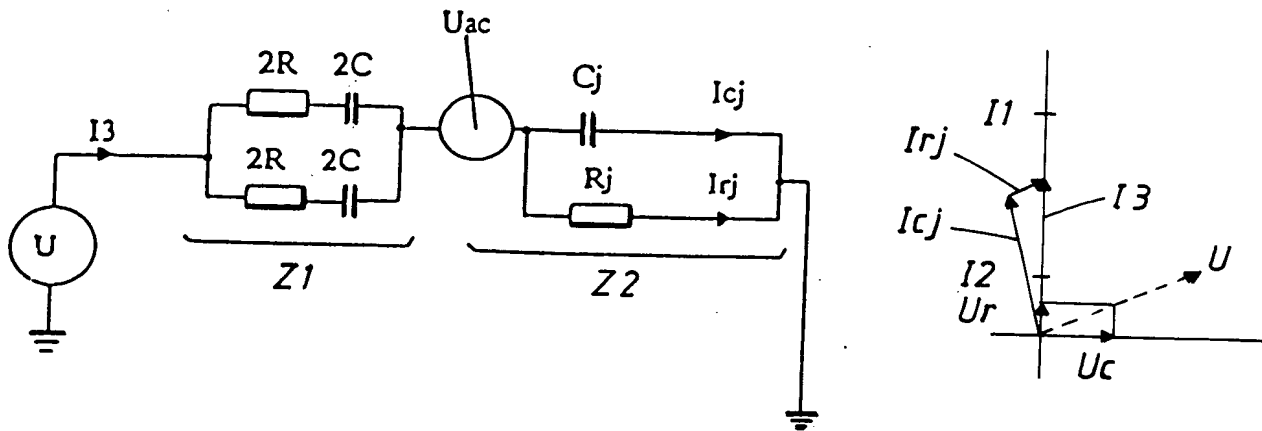
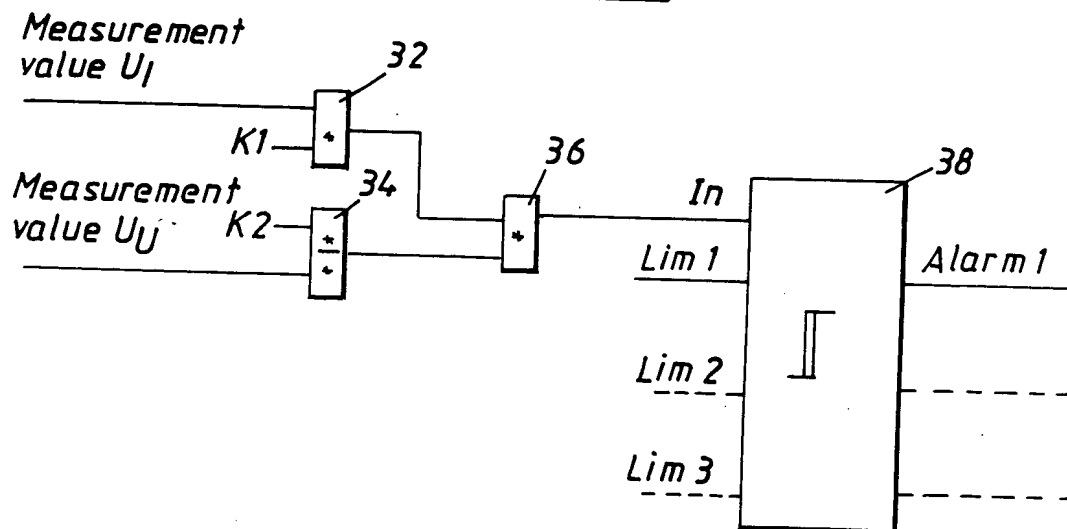


Fig. 7

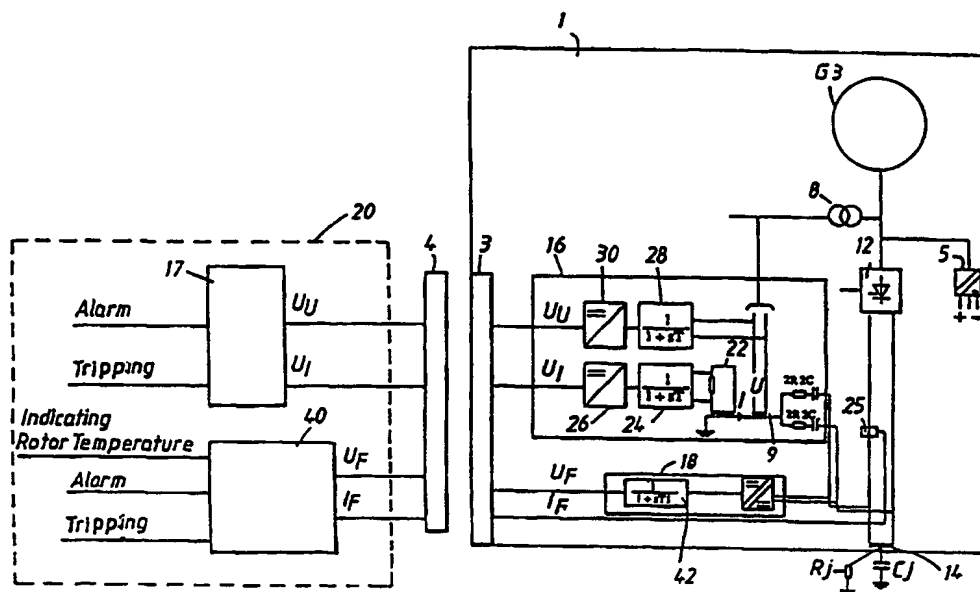


SUBSTITUTE SHEET



## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

<b>(51) International Patent Classification <sup>6</sup> :</b> <b>H02K 3/40, G01R 31/06</b>	<b>A1</b>	<b>(11) International Publication Number:</b> <b>WO 99/19963</b> <b>(43) International Publication Date:</b> 22 April 1999 (22.04.99)
<b>(21) International Application Number:</b> PCT/SE98/01740 <b>(22) International Filing Date:</b> 29 September 1998 (29.09.98) <b>(30) Priority Data:</b> 9703554-7 30 September 1997 (30.09.97) SE <b>(71) Applicant (for all designated States except US):</b> ASEA BROWN BOVERI AB [SE/SE]; S-721 83 Västerås (SE). <b>(72) Inventors; and</b> <b>(75) Inventors/Applicants (for US only):</b> ✓ SÖRENSEN, Erland [SE/SE]; Gudröns väg 32, S-723 55 Västerås (SE); ✓ LEI- JON, Mats [SE/SE]; Hyvlargatan 5, S-723 35 Västerås (SE); ✓ BERGGREN, Bertil [SE/SE]; Rönnbergagatan 2 B, S-723 46 Västerås (SE); ✓ NYGREN, Jan-Anders [SE/SE]; Karlfeldtgatan 27 B, S-722 22 Västerås (SE). <b>(74) Agent:</b> HOPFGARTEN, Nils; L.A. Groth & Co. KB, P.O. Box 6107, S-102 32 Stockholm (SE).		<b>(81) Designated States:</b> AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, CZ (Utility model), DE, DE (Utility model), DK, DK (Utility model), EE, ES, FI, FI (Utility model), GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SK (Utility model), SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  <b>Published</b> <i>With international search report.</i> <i>In English translation (filed in Swedish).</i>

**(54) Title:** ROTATING ELECTRIC MACHINE ✓
**(57) Abstract**

A rotating electric machine of a type with rotating field circuit, intended for direct connection to a distribution or transmission network. At least one electric winding of the machine comprises at least one electric conductor, a first layer with semiconducting properties surrounding the conductor, a solid insulating layer surrounding the first layer, and a second layer with semiconducting properties surrounding the insulating layer. A detecting circuit (16) is also arranged to detect earth faults in the rotating field circuit. Methods of monitoring the resistance of the field winding to earth and of determining the rotor temperature in such a machine is also described.

**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece			TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MN	Mongolia	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MR	Mauritania	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MW	Malawi	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	MX	Mexico	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Netherlands	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NO	Norway	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	NZ	New Zealand		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PL	Poland		
CN	China			PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 98/01740

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6: H02K 3/40, G01R 31/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6: H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4785138 A1 (O. BREITENBACK ET AL.), 15 November 1988 (15.11.88), see the whole document --	1-27
Y	US 3684821 A1 (H. MIYAUCHI ET AL.), 15 August 1972 (15.08.72), column 2, line 44 - line 64 --	1-27
Y	EP 0642027 A1 (ABB MANAGEMENT AG), 8 March 1995 (08.03.95), page 1, line 40 - page 2, line 11 --	1-26
Y	EP 0274691 A1 (HITACHI, LTD.), 20 July 1988 (20.07.88), column 2, line 50 - column 3, line 41 --	1-27

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 December 1998

Date of mailing of the international search report

11-12-1998

Name and mailing address of the ISA/

Swedish Patent Office  
Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM

Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer

Håkan Sandh

Telephone No. +46 8 782 25 00



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 98/01740

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0671632 A2 (TANAKA, TOSHIO, C/O TOSHIBA ET AL.), 13 Sept 1995 (13.09.95), column 1, line 1 - column 5, line 34 --	1-26
Y	US 4914386 A1 (S.E. ZOCHOLL), 3 April 1990 (03.04.90), abstract --	18-20,27
Y	US 3593123 A1 (A.C. WILLIAMSON ET AL.), 13 July 1971 (13.07.71), see the whole document --	12,13
A	US 5036165 A1 (R.K. ELTON ET AL.), 30 July 1991 (30.07.91), see the whole document --	1-27
A	US 4510077 A (R.K. ELTON), 9 April 1985 (09.04.85), column 1, line 9 - column 2, line 45 -- -----	1-27

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
**PCT/SE 98/01740**

Patent document cited in search report			Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US	4785138	A1	15/11/88	DE 3543106 A,C	11/06/87
US	3684821	A1	15/08/72	NONE	
EP	0642027	A1	08/03/95	DE 4329382 A	02/03/95
				JP 7083987 A	31/03/95
				US 5508620 A	16/04/96
EP	0274691	A1	20/07/88	CA 1269704 A	29/05/90
				DE 3779286 A	25/06/92
				JP 1954531 C	28/07/95
				JP 6087642 B	02/11/94
				JP 63154040 A	27/06/88
				US 4851766 A	25/07/89
EP	0671632	A2	13/09/95	CA 2143364 A	26/08/95
				CN 1112682 A	29/11/95
				JP 7241027 A	12/09/95
				US 5675465 A	07/10/97
				US 5764462 A	09/06/98
US	4914386	A1	03/04/90	CA 1323398 A	19/10/93
US	3593123	A1	13/07/71	GB 1226451 A	31/03/71
US	5036165	A1	30/07/91	US 5066881 A	19/11/91
				US 5067046 A	19/11/91
				CA 1245270 A	22/11/88
				US 4853565 A	01/08/89
US	4510077	A	09/04/85	CH 664646 A,B	15/03/88
				DE 3439093 A,C	15/05/85
				FR 2554456 A,B	10/05/85
				GB 2148880 A,B	05/06/85
				JP 1789646 C	29/09/93
				JP 4078576 B	11/12/92
				JP 60131853 A	13/07/85